

## **Aplicação da tecnologia de filtração em margem para população difusa no Semiárido Pernambucano**

**Laércio Leal dos Santos**

Universidade Estadual da Paraíba - UEPB - [laercioeng@yahoo.com.br](mailto:laercioeng@yahoo.com.br)

**Jaime J. S. P. Cabral; José A. Cirilo; Dayana A. Freitas**

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - [jcabral@ufpe.br](mailto:jcabral@ufpe.br); [a.cirilo@terra.com.br](mailto:a.cirilo@terra.com.br); [dayanafandrade@yahoo.com.br](mailto:dayanafandrade@yahoo.com.br)

**Mauricio Luiz Sens**

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - [mls@ens.ufsc.br](mailto:mls@ens.ufsc.br)

**Ricardo Aragão**

Universidade Federal de Sergipe – UFS - [ricardoaragao@yahoo.com](mailto:ricardoaragao@yahoo.com)

**Timóteo Herculino da Silva Barros**

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE - [thymoteo\\_herculino\\_3@hotmail.com](mailto:thymoteo_herculino_3@hotmail.com)

Recebido: 24/06/13 - revisado: 27/03/14 - aceito: 16/06/14

---

### **RESUMO**

As populações difusas das zonas rurais no semiárido nordestino sofrem com o problema de abastecimento e de qualidade da água. Em vários casos, é comum o uso diretamente da água de pequenos barreiros, açudes e reservatórios de abastecimento para o consumo humano. Sendo assim, o consumo da água diretamente do corpo hídrico poderá provocar inúmeras doenças, uma vez que grande parte desses mananciais estão poluídos com elementos químicos oriundos das atividades humanas, e naturalmente, a poluição devido a florações de espécies de cianobactérias que podem liberar toxinas mortais. O nordeste brasileiro possui dezenas de milhares de reservatórios de abastecimento construídos de terra. O experimento de Filtração em Margens (FM) realizado na cidade de Garanhuns demonstrou a possibilidade da utilização da água que percola a barragem de terra do reservatório Mundaú, poluído com efluentes domésticos e também por constantes florações de cianobactérias, onde a água que percolou através da barragem foi filtrada pelo próprio solo, eliminando as cianobactérias e melhorando alguns parâmetros físico-químicos contidos na água. A vazão média obtida foi de aproximadamente 5,70 m<sup>3</sup>/dia. Considerando a construção de um pequeno sistema de adução de água até um reservatório, e com uma demanda per capita de 50 L/pessoa/dia daria para abastecer um total de 20 famílias, sendo necessário uma simples desinfecção. Dessa forma, evitaria assim o uso da água diretamente do reservatório.

**Palavras Chave:** Populações difusas. Semiárido. Barragens de Terra

---

### **INTRODUÇÃO**

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os diversos usos, em especial, água para abastecimento humano, é uma preocupação da humanidade que vive em diversas regiões, principalmente as semiáridas.

Os usos da água evoluíram ao longo do tempo, envolvendo a alimentação e higiene pessoal, agricultura, navegação, produção industrial e atividades recreativas.

Derivado das atividades humanas citadas acima, um dos principais problemas ambientais dos ecossistemas aquáticos é o processo de eutrofização (enriquecimento de nutrientes), que causa grandes e negativos impactos ecológicos, econômicos de saúde, mediante a deterioração da qualidade da água.

No semiárido nordestino, a eutrofização de reservatórios é ainda mais alarmante pelo fato de, naturalmente, os corpos d'água apresentarem tendência a esse processo.

Para contornar os problemas com o abastecimento, na região semiárida brasileira houve um incentivo, por parte dos governantes, para a construção de inúmeras barragens sendo em sua grande maioria barragens de terra. Tais barragens ao

longo dos anos vêm recebendo efluentes provindos das zonas urbanas, causando uma perda significativa da qualidade da água do reservatório em relação ao abastecimento humano.

As populações rurais (difusas) que dependem exclusivamente da água desses reservatórios e de barreiros, para sua sustentabilidade, são bastante prejudicadas, tendo que em muitos casos recorrer ao uso direto desses mananciais ou ao uso do abastecimento por carros pipas para sua sobrevivência.

Uma característica dessas barragens de terra é que, apesar de serem bem compactadas em seu processo de construção, ainda permitem a percolação de água de montante para jusante, fazendo com que o solo a jusante do manancial possua certa quantidade de água originária da barragem.

O objetivo desse trabalho é propor a utilização da tecnologia de Filtração em Margem (FM) a jusante de um reservatório de abastecimento no semiárido pernambucano, como forma de avaliar a capacidade da filtração da água que percola o paredão da barragem por meio da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos da água. Também, pretende-se verificar a capacidade de abastecimento de populações difusas a jusante da barragem.

## TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO EM MARGENS

A Filtração em margem (FM) de corpos hídricos como lagos, açudes ou rios é um tratamento de água alternativo que se mostra interessante por seu baixo custo e alta eficiência.

A FM é capaz de eliminar contaminantes físico-químicos, nutrientes e patógenos que estão presentes na água durante a passagem pelo solo (SCHNEIDER et al., 2011; SCHWARZENBACH et al., 2006; SCHWARZENBACH; WESTALL, 1981).

A FM, em inglês Bank Filtration, utiliza os materiais sedimentares das margens e do fundo de um manancial superficial como meio filtrante. Para isso, são construídos poços de captação nas margens dos corpos hídricos, realizando-se um bombeamento contínuo, criando artificialmente, uma diferença de nível entre o manancial e o lençol freático, induzindo o escoramento da água em direção ao poço, com o objetivo de filtrar a água, realizando a eliminação ou minimização dos contaminantes presentes na água superficial através da passagem da água pelo solo.

A água que chega ao poço é, na maioria das vezes, uma mistura entre as águas infiltradas recentemente através das margens e a do lençol freático.

A proporção dessa mistura dependerá principalmente da distância do poço até a margem e de características como vazão bombeada, condições hidrogeológicas locais, etc.

A FM é um processo simples e que pode ser empregado como um pré-tratamento ou como único tratamento antes da desinfecção na produção de água potável dependendo das

condições da água a ser tratada (MONDARDO, 2009).

De acordo com Litz et al. (2011), a passagem da água contaminada pelo subsolo representa uma importante barreira para muitos poluentes de fontes difusas que afetam diretamente a qualidade da água.

Segundo Ojha et al. (2010), a FM é capaz de remover partículas em suspensão, micróbios, pesticidas, carbono orgânico total e dissolvido, nitratos e outros contaminantes. Além disso, é um sistema de baixo custo que também é considerado como um pré-tratamento para remoção de vários contaminantes físicos, químicos e biológicos.

No Estado de Santa Catarina, uma pesquisa utilizando FM foi utilizada como um pré-tratamento, com o objetivo de adequar a água do manancial de captação (Lagoa do Peri, que possui elevada concentração de cianobactérias e presença de saxitoxinas) para a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN)(SENS et al., 2006).

Para a remoção de microalgas e cianobactérias, estudos mais aprofundados têm mostrado que esse método pode eliminar 100% das células de cianobactérias (SENS et al., 2006; RABELO, 2006).

No Estado de Pernambuco, os estudos foram iniciados em 2008 com a aplicação do sistema de FM no Rio Beberibe, no bairro de Caixa D'água, divisa dos municípios de Recife e Olinda. Observou-se que o sistema foi altamente eficiente na eliminação de inúmeros poluentes, sendo capaz de proporcionar potabilidade à água segundo os índices estabelecidos pela portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os dados iniciais do processo de aplicação da tecnologia citada podem ser verificados

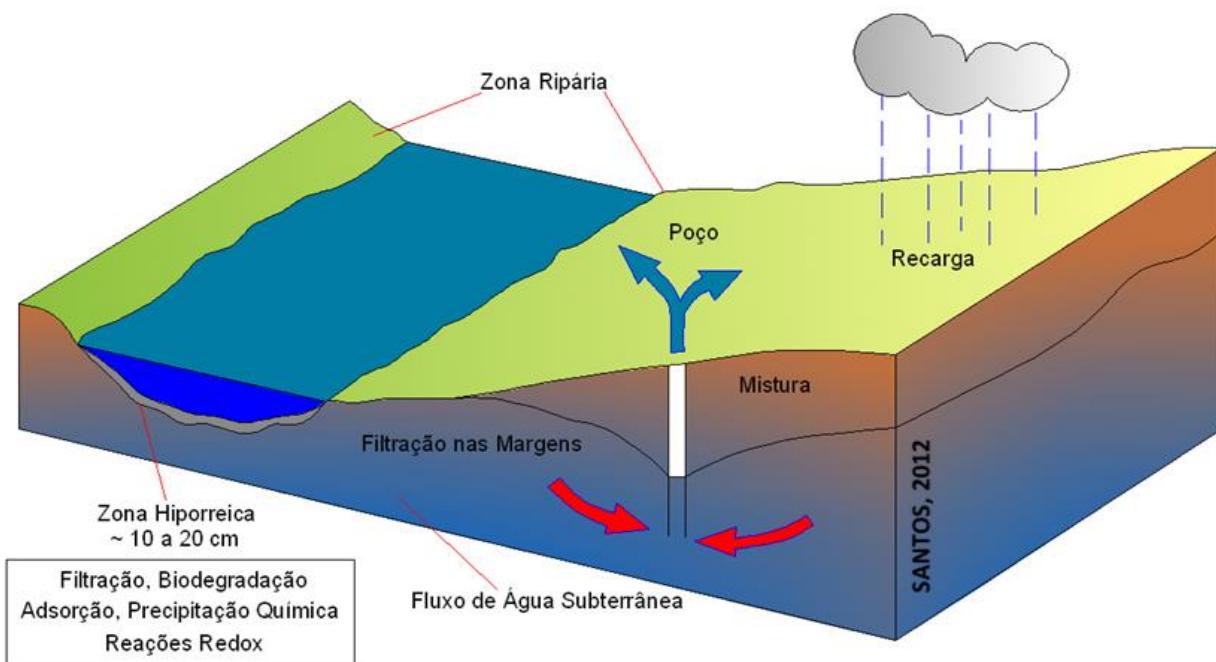


Figura 1 - Diagrama esquemático dos processos que afetam a qualidade da água durante a filtração em margens

no trabalho de PAIVA (2009).

Freitas (2010) deu continuidade à pesquisa no Rio Beberibe ainda analisando os parâmetros físicos e químicos da água do poço, e iniciou as pesquisas em relação à presença de cianobactérias. Foi verificado a presença de algas na água do rio com densidade de até 15 mil cel/mL. Já na água do poço, não se detectou presença desses micro-organismos, evidenciando assim a capacidade da técnica na eliminação ou redução de contaminantes.

Os principais processos envolvidos na FM são: filtração, biodegradação, sedimentação, adsorção, dispersão e mistura com águas subterrâneas (diluição). A Figura 1 apresenta o funcionamento da filtração em margem através de um poço, localizado próximo de um manancial superficial, do qual se extrai uma vazão Q.

## POPULAÇÃO DIFUSA E PEQUENOS AÇUDES NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Historicamente, a região Nordeste do Brasil tem sofrido de forma contínua os efeitos de frequentes e prolongadas

estiagens, com sérias consequências para a população.

As causas são demasiadamente conhecidas, mas ainda não enfrentadas de forma consistente e estruturada. A região semiárida do Nordeste do Brasil tem no correto aproveitamento dos seus escassos recursos hídricos a condição absolutamente indispensável, embora não suficiente, à superação da sua situação de subdesenvolvimento econômico e social (CIRILO et al. 2003).

A política de acumulação de água em açudes, típica da região, tem sido feita sob duas formas. A primeira, em grandes reservatórios, com capacidade de regularização plurianual, em bacias hidrográficas de maior porte. Esse tipo de reservatório, com capacidade da ordem de centenas de milhões de m<sup>3</sup>, encontra-se presente em diversos estados da região, porém em pequeno número. A segunda é a acumulação em pequenos e médios reservatórios espalhados aos milhares por toda a região.

A Figura 2 mostra, como exemplo, a distribuição espacial de açudes na Bacia Hidrográfica do rio Mundaú, região agreste de Pernambuco, na qual, em área de cerca de 2400 km<sup>2</sup>, foram identificados por meio de imagens de satélite cerca de 840 pequenos e médios açudes (SECTMA, 1998). Essa é uma situação típica de toda a região semiárida do Nordeste.

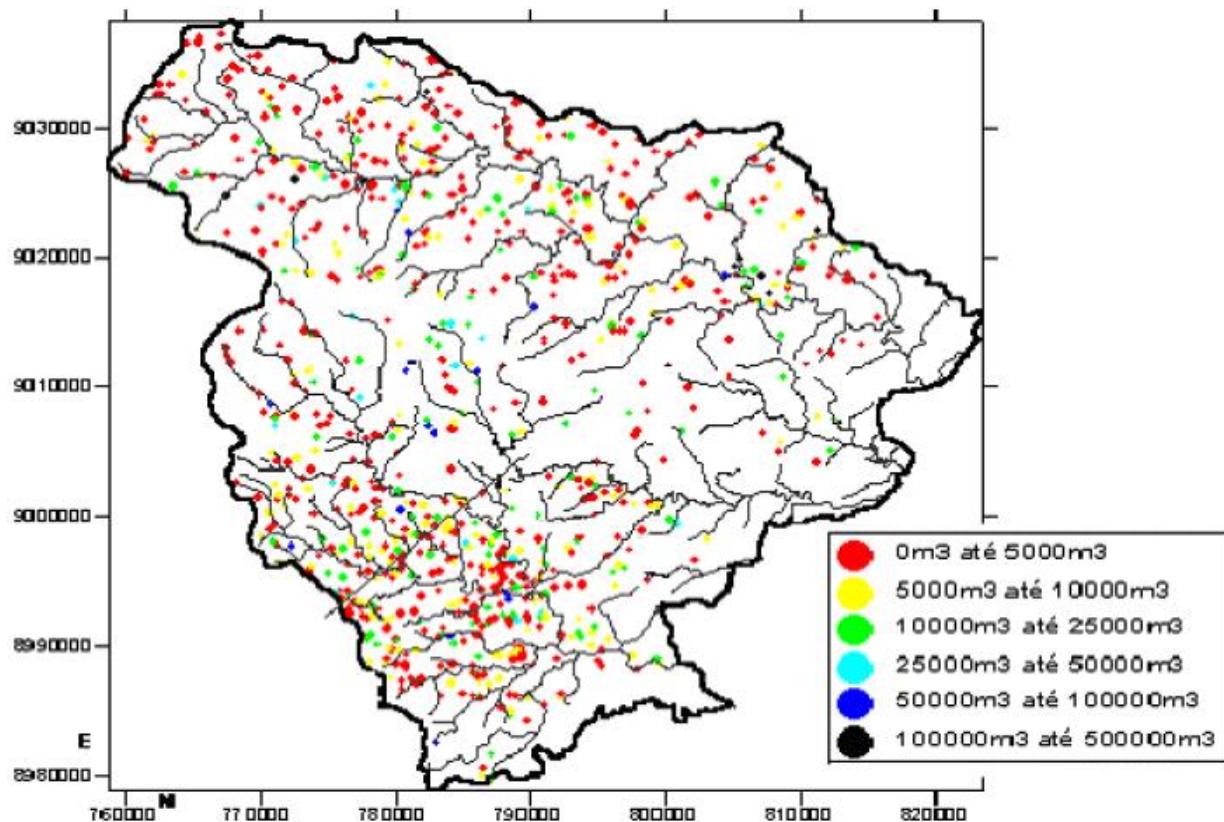


Figura 2 - Bacia do Rio Mundaú, Agreste de Pernambuco - Área de aproximadamente 2400km<sup>2</sup> com cerca de 840 açudes identificados por imagens de satélite (SECTMA, 1998)

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Reservatório de Mundaú–Garanhuns-PE

O reservatório Mundaú possui a capacidade máxima de acumulação de 1.968.600 m<sup>3</sup>, construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e o principal objetivo é o abastecimento da cidade de Garanhuns, mas recebe parte do esgoto residencial da cidade.

Está localizado no município de Garanhuns cuja altitude média é de 900m no Planalto da Borborema, mesorregião do agreste de Pernambuco. O solo da região onde o reservatório está instalado é do tipo podzólico.

A população do município, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010 é de 129.392 habitantes.

Esse reservatório foi escolhido por apresentar avançado estágio de eutrofização, caracterizando-se por constantes

florações tóxicas de cianobactérias e por receber efluentes do município (DANTAS et al., 2010; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2011).

O reservatório tem a faixa de pH variando de alcalina a neutra, com uma alta disponibilidade de fósforo e nitrogênio (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2011).

### PROJETO PILOTO

O projeto piloto executado (Figura 3) visou a utilização da água que percola a barragem de terra do reservatório de Mundaú, realizando o aproveitamento dessa água, analisando a qualidade da mesma em relação a água retirada diretamente do reservatório e proporcionando um aporte hídrico com melhor qualidade para as comunidades rurais.

Dessa forma, o local escolhido para implantação da técnica de FM fica a jusante da barragem do reservatório de Mundaú, distante aproximadamente 38,00 m do pé do talude de

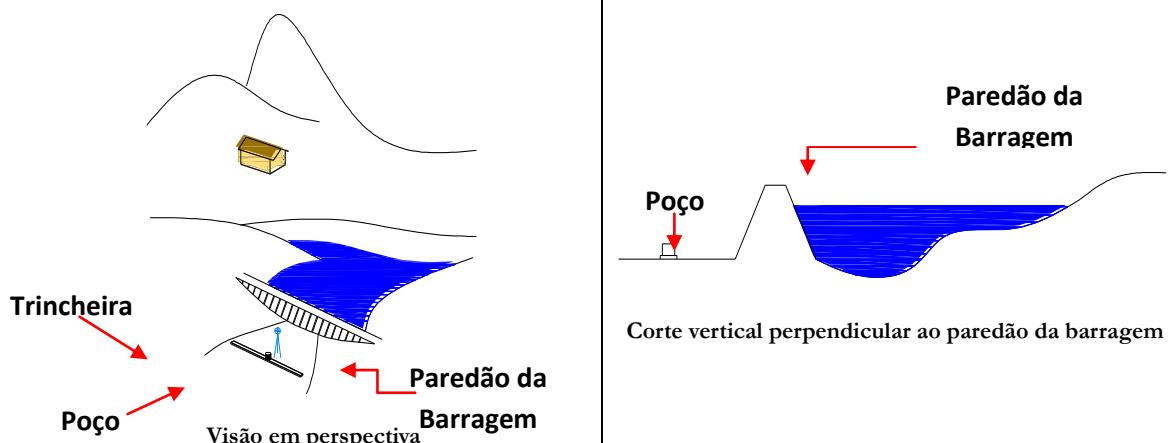


Figura 3 – Esquema proposto para o experimento

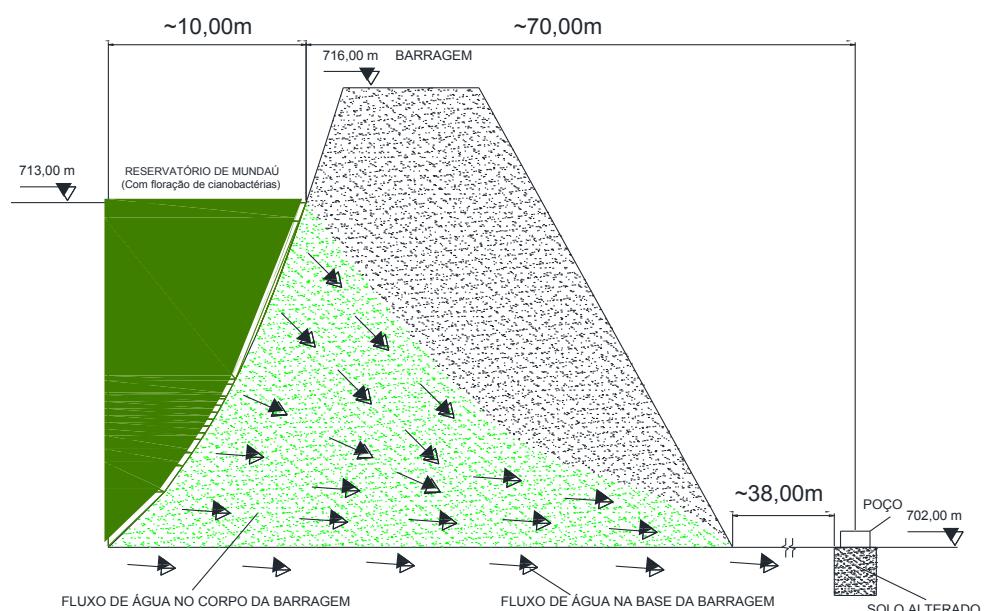


Figura 4 – Distância do local do poço de FM para a barragem

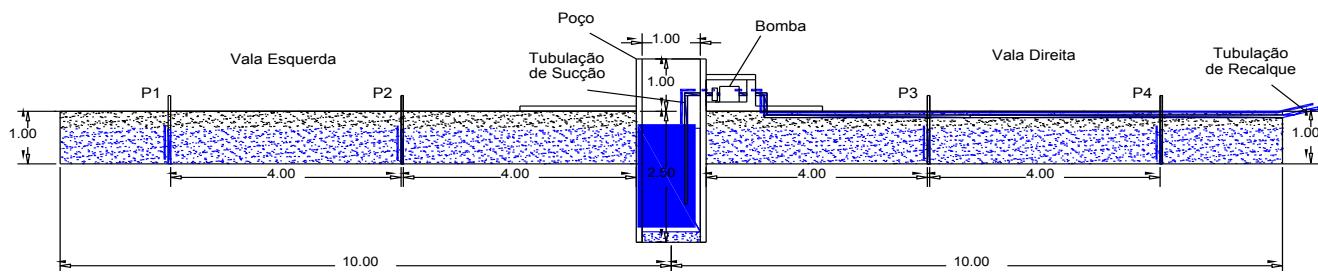


Figura 5 – Corte Paralelo a Barragem do Projeto executado no reservatório de Mundaú

jusante do paredão da barragem, conforme a Figura 4.

A diferença de cotas entre o topo da barragem e o nível da boca do poço é de 14,00 m. A carga hidráulica entre o nível de água na barragem e o nível de água no poço de FM era de 11,00 m em janeiro de 2011.

Para possibilitar a captação de uma maior quantidade de água no projeto piloto, optou-se em construir uma trincheira de captação nas laterais ao poço.

As trincheiras foram preenchidas com areia lavada (de diâmetro mediana a grossa) sendo assim, possui uma alta permeabilidade durante um longo período, o que proporciona as trincheiras a capacidade de coletar a água que escoaria nas laterais do poço e que nunca seria captada. A Figura 5 apresenta o corte paralelo à barragem, mostrando as trincheiras laterais ao poço.

As trincheiras de captação de cada lado do poço possuem as seguintes dimensões: comprimento 10,00 m, largura 1,00 m e profundidade 1,00 m.

Considerando um índice de vazios da ordem de 0,50, o volume de água que pode ser armazenado nas valas pode chegar até 5,00 m<sup>3</sup> cada, ou seja, um total de 10,00 m<sup>3</sup>.

O poço de produção possui um diâmetro de 1,00 m e uma profundidade de 2,50m com borda livre de 1,00 m acima do nível do solo. O mesmo foi construído com tubos de concreto de 1,00 m de diâmetro e altura de 0,50 m cada.

Foram utilizados no total sete tubos de concreto para a construção do poço. Os três primeiros tubos foram perfurados lateralmente com a ajuda de uma talhadeira (em cada tubo quatro furos). Após ser inserido o último tubo a região ao redor do poço foi preenchida com areia lavada para que a mesma funcione como um pré-filtro.

Um sistema elétrico foi instalado com um relé de modo que a bomba desliga automaticamente quando o nível chega no mínimo. Lentamente o poço volta a encher e a bomba é religada, totalizando ao fim do dia um bombeamento de aproximadamente 5,70 m<sup>3</sup>/dia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa realizada, executada em uma região semiárida, com o cristalino quase aflorante, a utilização de poços a jusante das barragens de terra torna-se uma fonte de água de melhor qualidade para consumo do que a retirada de água diretamente dos reservatórios.

Após a passagem da água do reservatório pelo solo até o poço de FM observa-se uma melhora na qualidade na água

que poderá ser consumida para vários fins.

Como o reservatório recebe águas provenientes de áreas urbanas, possui uma concentração elevada de poluentes, o que impede o seu consumo diretamente no reservatório. Contudo, a pesquisa mostrou que para a região, o poço foi eficiente na remoção de cianobactérias presentes na água.

Por fim, a pesquisa possui um caráter inovador para a região em estudo e apresenta importância para o abastecimento de população difusa que reside no entorno de açudes da região.

## Caracterização Físico-Química da Água

### Turbidez

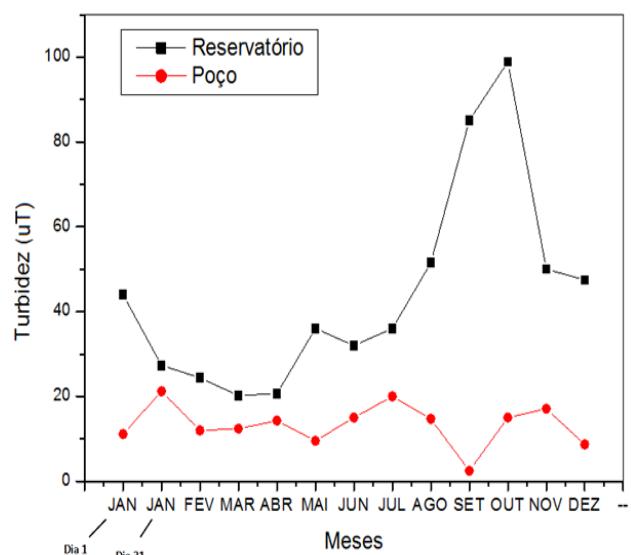


Figura 6 – Análise do parâmetro de Turbidez

A Figura 6 apresenta um gráfico mostrando a medição desse parâmetro e observa-se que na água do poço (AGp) a turbidez é sempre inferior a da água do reservatório (AGr), o que é natural após a passagem da água pelo meio poroso.

Na data de 31/01/11 houve um aumento na turbidez do poço causado pela limpeza do mesmo, pois a água foi agitada no dia anterior.

Na data de 12/05/11 observa-se o início do crescimento dos valores de Turbidez na AGr que coincide com o início do período chuvoso e vai até 06/09/2011.

Também é possível notar que esse crescimento da curva

da Turbidez referente à AGr no período de 19/07 a 06/09/2011 seja devido à grande concentração de algas na superfície do reservatório, onde o vento e o movimento da água contribui para o aumento da concentração das cianobactérias portadoras de acinetos, que são células diferenciadas que funcionam como esporos de resistência e controlam sua posição na coluna d'água através de estruturas denominadas aerótopos (WHITTON; POTTS, 2000) que fazem com que elas flutuem até à superfície, impedindo a passagem da luz e se multiplicando.

Consequentemente, a queda observada no período de 06/09 a 10/12/2011 se deve ao período de pequenas precipitações.

A Turbidez é um parâmetro físico, cuja FM é eficiente na sua redução (SPRENGER et al., 2011; WANG et al., 2003; SCHUBERT, 2002; OJHA et al., 2010).

Segundo a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, o limite máximo de Turbidez para consumo humano é de 5,0 uT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição de água, mas devendo sair abaixo de 0,5 uT após o tratamento. No caso da água do poço (AGp) de FM, a redução da turbidez já era esperada, porém os resultados ainda ficaram maiores que os níveis para o consumo humano, necessitando tratamento adicional.

### Condutividade Elétrica

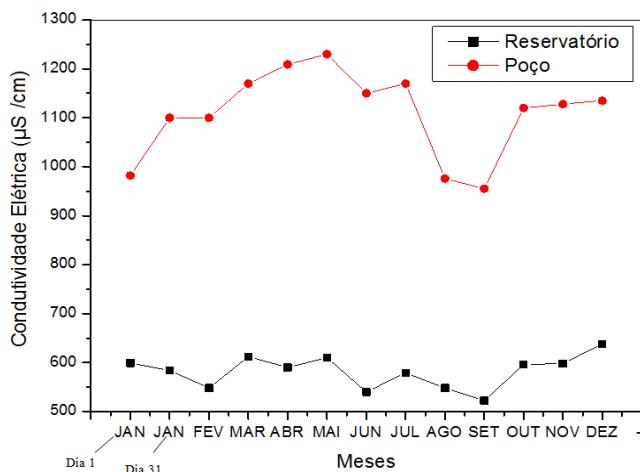


Figura 7 – Análise do parâmetro de Condutividade Elétrica

Foi possível observar (Figura 7) que os níveis de condutividade elétrica na água do poço (AGp) é o dobro do valor da AGr indicando talvez que o poço capta a água mais salina do reservatório em águas mais profundas.

Em águas cujos valores de pH se localizam nas condições de pH > 9 ou pH < 5, faixas encontradas no reservatório e no poço, os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H<sup>+</sup> e o OH<sup>-</sup>.

Também é possível notar através das duas curvas certa correlação, já que, quando a condutividade da AGr se eleva, ocorre uma elevação também na AGp, o que pode explicar que o sistema está em conexão, e com a passagem da AGr pelo solo até o poço ocorre a elevação da sua salinidade e concentração de ferro.

### Temperatura

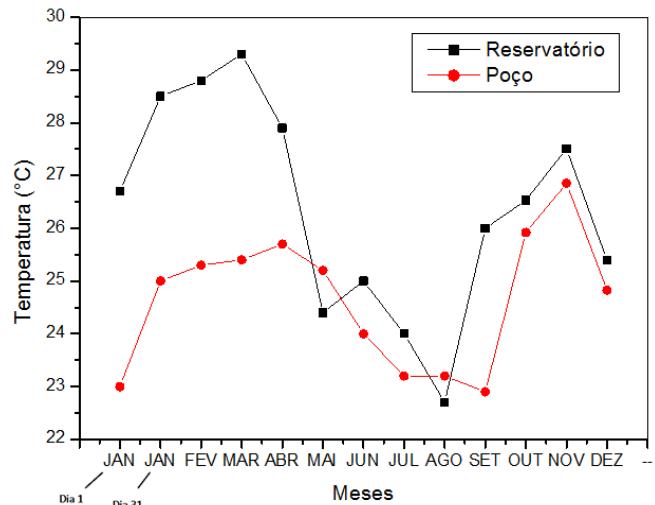


Figura 8 – Análise do parâmetro de Temperatura

Como a AGp é uma mistura da água do subsolo (AGs) com a AGr que se infiltrou, a temperatura da água no poço é mais baixa do que no reservatório em quase todas as análises.

Na Figura 8, apresenta-se um gráfico onde é possível observar que a temperatura da AGp em 85% das análises estiveram mais baixa do que no reservatório.

A Temperatura, também, pode contribuir para uma maior degradação bacteriana de contaminantes na passagem da água pelo solo, já que o aumento da temperatura pode resultar numa maior reprodução de microorganismos, o que favorece a decomposição do material orgânico e dos contaminantes dissolvidos na água (ENGELER et al., 2011; WHITE et al.; 2006; SPRENGER et al., 2011).

Conforme Sprenger et al. (2011), condições anaeróbias são predominantes quando a água do rio ou reservatório que alimenta o sistema de FM é caracterizada por alta poluição orgânica e águas com temperaturas acima de 22 °C.

Nos resultados obtidos houve uma variação de 2,0 °C na média de AGr para AGp, indicando que possivelmente a viscosidade da AGr é menor, promovendo um maior fluxo para o interior do solo. Porém, a mistura da AGr com temperatura mais elevada com a AGs reduz a temperatura, aumentando possivelmente a sua viscosidade na água do interior do solo.

### Oxigênio Dissolvido (OD)

Quando o poço de FM foi construído, foi observado que o solo possui uma camada de aproximadamente 50 cm de espessura com bastante matéria orgânica (MO), aproximadamente num raio de 50 m do poço e onde fica reservada uma significativa quantidade de água oriunda do reservatório.

Antes de chegar ao poço de FM essa água que provavelmente já perdeu grande parte do OD, se infiltra nas camadas mais profundas, onde começam a atuar as bactérias anaeróbias na decomposição dessa matéria orgânica, até alcançar o poço de FM.

A Figura 9 descreve bem a variação de OD durante todo o período. Pode-se dizer que parte do oxigênio contido na água

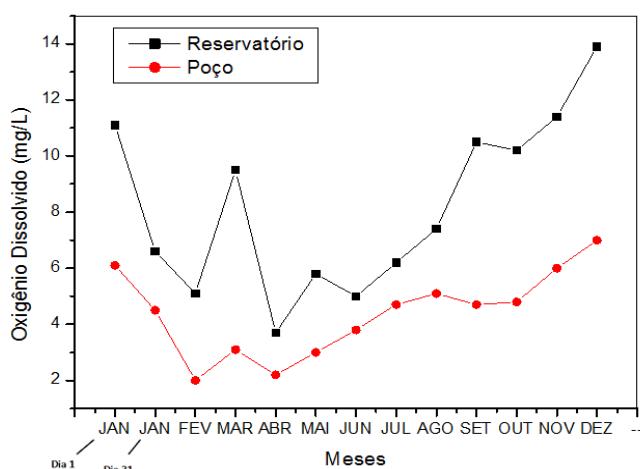


Figura 9 – Análise do parâmetro de Oxigênio Dissolvido

do reservatório, ao ser misturada com a AGs, é consumida pelos microorganismos presentes no subsolo, reduzindo a quantidade de oxigênio produzindo um ambiente quase anaeróbio.

Como no subsolo não há atividade de micro-organismos fotossintetizantes, os quais liberam O<sub>2</sub> para água, e pela presença de microorganismos decompositores aeróbicos, que utilizam aquele elemento na oxidação da matéria orgânica, é normal que a concentração de oxigênio diminua.

Entretanto, os valores de oxigênio dissolvido (OD) encontrados no poço se enquadram na Resolução do CONAMA 357/05, em que o nível de OD deve ser no mínimo 2mg/L na água que será utilizada no abastecimento público.

Observa-se também que, ao aumentar a quantidade de oxigênio dissolvido na AGr, sobe também a quantidade de oxigênio dissolvido na AGp, mostrando que existe uma conexão entre AGr e AGp. É claro que a AGr que se infiltra no solo até chegar ao poço de FM leva certo tempo, talvez dias, porém a tendência de elevação ou decaimento é muito importante nesse processo.

## pH

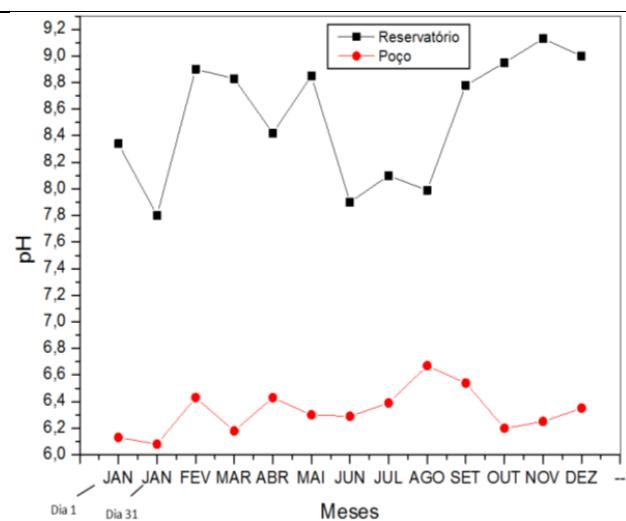


Figura 10 – Análise do parâmetro pH

A retenção de metais pesados nos processos de FM é influenciada pela sorção, pela precipitação e por processos de troca iônica que são dependentes do pH, das condições redox, da textura dos sedimentos, das forças iônicas e do material do aquífero (BOURG et al. 1989; BOYD, 1990).

O pH ácido favorece os processos de dissolução dos compostos de Ferro precipitando-se em forma de óxidos e hidróxidos (kabata-pendias e pendias, 1992) o que pode ser verificado na análise de ferro presente na água.

Alguns minerais presentes no solo apresentam cargas iônicas dependentes do pH e essas cargas se modificam com o pH do meio. Em nosso estudo, o pH da AGr é alcalino (cuja média é de 8,39), e a análise química realizada no solo mostrou que o pH do mesmo é ácido, variando de 5,52 a 5,74. Foi observada essa modificação do pH com o meio, uma vez que na água do poço de FM o pH teve uma média de 6,34.

Na AGp o pH sempre está abaixo de 7,00 indicando um ambiente pouco ácido (Figura 10), porém em níveis de aceitação de potabilidade de acordo com a Portaria do MS 2.914/2011. A acidificação da água no poço pode ser em razão da solubilização de ácidos húmicos e fulvicos, comuns em solos ricos em matéria orgânica.

Em relação aos valores máximos e mínimos não houve uma variação considerável durante o período analisado. Além disso, o pH neutro a alcalino e temperaturas acima de 20°C (o que ocorreu durante todo o período analisado) favorecerem a ocorrência de florações nos ecossistemas aquáticos, como esperado na literatura sobre o assunto (CHORUS ; BARTRAM 1999).

## Ferro

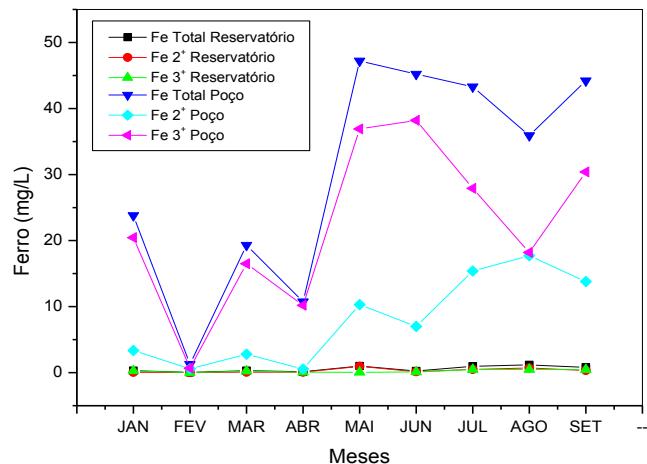


Figura 11 – Análise do parâmetro Ferro

O poço de FM possui profundidade de 2,50 m, significando que se encontra no horizonte B no solo Podzólico, exatamente onde estão os subprodutos das reações que ocorreram no processo de lixiviação, onde o solo contém grande concentração iluvial, ou seja, acúmulo de minerais de argila, óxidos de ferro e alumínio e material orgânico em profundidade, a partir do horizonte A para o horizonte B.

Trata-se de um solo residual maduro, que não apresenta estrutura ou textura da rocha original e é fonte de material

argiloso para a indústria da construção.

Segundo Vieira (1975) a água que escoa pelo solo do horizonte A para o B durante o processo de lixiviação produz um estado ácido, como pode ser comprovado pelos resultados da análise química do solo.

Quando as partículas de óxido de ferro se agregam, ou seja, se oxidam e se precipitam, substâncias adsorvidas na coluna de água que percola o solo são retiradas ou adsorvidas, e daí vários contaminantes contidos na água são retidos pelos óxidos do sedimento do fundo no horizonte B (SIGG, 1985; RANDALL et al., 1999).

Além disso, os óxidos podem agir como catalizadores ou como reagentes no meio, acelerando as taxas de oxidação de matéria orgânica, o que na AGP também é elevado.

Essa grande concentração de Ferro Total (Figura 11) influenciou diretamente em diversos parâmetros, como cor, turbidez, condutividade elétrica, dentre outros.

## ANÁLISE BIOLÓGICA

Devido ao aumento de cianobactérias nos reservatórios de abastecimento de água, o Ministério da Saúde através da Portaria N° 2.914/2011, demonstrou grande preocupação em relação à densidade de cianobactérias e suas toxinas.

Diversos gêneros e espécies de cianobactérias foram encontradas no reservatório Mundaú em Garanhuns - PE, durante amostragens do ano de 2011.

Os resultados obtidos quanto à composição de cianobactérias no reservatório Mundaú são semelhantes ao encontrado por Lira (2009) na análise da distribuição vertical das comunidades fitoplanctônicas no mesmo corpo d'água e em outros mananciais. De acordo com Moura et al. (2010), variáveis como turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido seguiram o mesmo padrão dos resultados atuais.

Vários dos gêneros e espécies encontradas no reservatório Mundaú são potenciais produtores de toxinas, como por exemplo as citotoxinas, SENS et al. (2006).

No entanto, nas amostras de água coletadas no poço não foi encontrada nenhuma espécie de cianobactérias.

## CONCLUSÕES

Em regiões semiáridas toda água precisa ser aproveitada, mesmo quando tem baixa qualidade. O objetivo principal desse trabalho foi utilizar a tecnologia de FM para fins de abastecimento de pequenos agricultores que moram próximos dos açudes fazendo não mais a captação direta ao reservatório, e sim no poço de FM, já que o reservatório estaria impróprio para captação direta.

Os resultados obtidos evidenciam a capacidade da tecnologia de Filtração em Margens para eliminação ou redução de contaminantes físico-químicos e das espécies fitoplancônicas presentes na água do reservatório.

A aplicação da tecnologia de FM a jusante da barragem

mostrou-se viável, evidenciando um potencial aproveitamento das águas que percolam para jusante.

A tecnologia pode ser aplicada em diversas barragens de terra na região semiárida brasileira que permitem a percolação de água pelo maciço realizando o tratamento natural.

A vazão obtida no poço de FM construído é muito baixa em relação à necessidade de abastecimento de um município, porém é um aporte hídrico considerável em se tratando de pequenas comunidades rurais.

O projeto do poço e das trincheiras de captação corresponde às expectativas de coletar o maior volume de água possível para ser bombeado.

A tecnologia de FM permite obter concentrações aceitáveis do ponto de vista de potabilidade em relação à nova Portaria do MS 2.914/11. No entanto, ficou evidente que a tecnologia não consegue eliminar ou minimizar a presença de sais, o que já era esperado, e se o pH do solo é ácido proporciona uma grande quantidade de íons H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup>, aumentando significativamente a condutividade elétrica.

Pode-se dizer que o pH do solo é determinante em quase todos os processos de tratamento natural que ocorre no interior do solo em se tratando das reações físicas, químicas e biológicas.

As análises químicas do solo comprovaram que a grande quantidade de ferro na água do poço é proveniente dos processos de lixiviação do solo, já que se trata, no experimento, de um solo podzólico, e que a mobilidade desse elemento no solo é bastante reduzida sob as condições de oxidação e de pH ácido. No local onde o poço foi construído, que seria o curso natural do rio e que por sua vez é por onde durante anos a água que percola a barragem lixivia o solo, produzindo um acúmulo de ferro, dentre outros elementos próprios desse tipo de solo na condição de lixiviação.

Em relação às cianobactérias presentes na água do reservatório, observa-se que a tecnologia de Filtração em Margens foi capaz de eliminar 100% das mesmas quando observadas as análises da água do poço.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq e a FA-CEPE pelos incentivos proporcionados através dos programas de auxílio e de bolsas para a realização desta pesquisa e ao Prof. Renato Molica da UFRPE (Campus de Garanhuns) pelo apoio científico e laboratorial.

## REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; MOURA, A.N.; HEREMAN, T.C.; DANTAS, E.W. Increase in Straight and Coiled Cylindrospermopsis raciborskii (Cyanobacteria) Populations under Conditions of Thermal De-Stratification in a Shallow Tropical Reservoir. *Journal of Water Resource and Protection*, 3, 245-252, 2011.

- BOURG, A.C.M.; DARMENDRAIL, D.; RICOUR, J. Geochemical filtration of riverbank and migration of heavy metals between the Deûle River and the Ansereuillesalluvion-chalk aquifer (Nord, France). *Geoderma*; v 44, p.229-44, 1989.
- BOYD, C. *Water Quality in Ponds Aquaculture*. Alabama: Alabama Agricultural Experimental Station. Auburn University, 1990, 482p.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. *Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. E & FN SPON, New York, 1999, 416p.
- CIRILO, J. A.; ABREU, G. H. F. G.; COSTA, M. R. Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semiárido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, V. 8, n. 4, p. 5-24, 2003.
- DANTAS, E.W. *Ecologia da Comunidade de Algas Planctônicas em Reservatórios de Pernambuco (Nordeste, Brasil)*. Tese (Doutorado) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). 2010.
- ENGELER, I.; HENDRICKS FRANSSEN, H.J.; MÜLLER, R.; STAUFFER, F. The importance of coupled modelling of variably saturated groundwater flow-heat transport for assessing river-aquifer interactions. *Journal of Hydrology*, v. 397, p. 295-305, 2011.
- FREITAS, D. A. *O Emprego da Técnica de Filtração em Margem para Tratamento de Água no Estado de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 2010.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace Elements in Soils and Plants*. 2<sup>nd</sup> ed. Londres: CRC Press, 1992.
- LIRA, G. A. S. T. *Distribuição Vertical E Sazonal Da Comunidade Fitoplânctônica Em Dois Reservatórios Eutróficos Do Estado De Pernambuco*. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Pernambuco, 2009.
- LITZ, N.T.; WEIGERT, A.; KRAUSE, B.; HEISE, S.; GRUTZMACHER, G. Comparative studies on the retardation and reduction of glyphosate during subsurface passage. *Water Research* v.45, p. 3047 - 3054, 2011.
- MONDARDO, R. I. *Avaliação da filtração em margem como pré-tratamento à filtração direta descendente na remoção de células de cianobactérias e saxitoxinas*. (Tese de Doutorado em Engenharia Sanitária e ambiental )- Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2009.
- MOURA, A.N.; ARAUJO, E. L.; BITENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PIMENTEL, R. M. M.; ALBUQUERQUE, U. P. Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo. In. *Comunidade Fitoplânctônica e Aspectos Ecológicos de Dois Reservatórios Eutróficos do Nordeste do Brasil*. 2010. p. 145.
- OJHA, C.S.P.; MASCE, A.; THAKUR, A.K. River Bank Filtration in North India. World Environmental and Water Resources Congress 2010: 782. Challenges of Change. ASCE, 2010.
- PAIVA, A. L. R. O Processo de Filtração em Margem e um Estudo de Caso no Rio Beberibe. (Tese de Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2009.
- RABELO, L. *Estudos Preliminares da Implantação da Filtração em Margem na Lagoa do Perí como Pré-Tratamento de Água para Remoção de Fitoplâncton*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária e ambiental )- Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2006.
- RANDALL, S. R., SHERMAN, D. M., RAGNARSDOTTIR, K. V., COLLINS, C. R. The mechanism of cadmium surfassecomplexation iron oxyhydroxide minerals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 63 n.19/20 p. 2971-2987, 1999.
- SCHNEIDER, P.; VOGT, T.; SCHIRMER, M.; DOETSCH, J.A.; LINDE, N.; PASQUALE, N.; PERONA, P.; CIRPKA, O. A. Towards improved instrumentation for assessing river-groundwater interactions in a restored river corridor . *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 8, 2503–2553, 2011.
- SCHUBERT J. Hydraulic aspects of riverbank filtration - field studies. *J. Hydrol.*, v.266p. 145-61, 2002.
- SCHWARZENBACH, R. P.; ESCHER, B. I.; FENNER, K.; HOFSTETTER, T. B.; JOHNSON, C. A.; VON GUNTEN, U.; WEHRLI, B. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, v.313, p. 1072- 1077, 2006.
- SCHWARZENBACH, R. P.; WESTALL, J. Transport of non-polar organic compounds from surface water to groundwater – laboratory sorption studies. *Environ. Sci. Technol.*, v.15, p.1360-1367, 1981.
- SECTMA – Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco – *Plano Estadual*

de Recursos Hídricos – Recife-PE, 1998.

SENS, M. L.; DALSASSO, R. L.; MONDARDO, R.I.; MELO FILHO, L.C. Filtração em Margem. In: PROSAB. (Org.). Contribuição ao Estudo da Remoção de Cianobactérias e Microcontaminantes Orgânicos por Meio de Técnicas de Tratamento de água Para Consumo Humano. São Sebastião Petrópolis, RJ: SERMOGRAF Artes Gráficas e Editora Ltda, v. 1, p. 173-236, 2006.

SIGG, L. Metal transfer mechanism in lakes; the role of settling particles. In: Stumm, W. *Chemical Processes in Lakes*. New York :Willey Intercience. 1985 p.283-310.

SPRENGER, C.; LORENZEN, G.; HÜLSHOFF, I.; GRÜTZMACHER, G.; RONGHANG, M.; PEKDEGER, A. Vulnerability of bank filtration systems to climate change. *Science of the Total Environment* v.409 p. 655-663, 2011.

VIEIRA, L.S. *Manual da Ciência do Solo*. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 1975.

WANG, J.; SALATA, J.J.; BENNETT, P.B. Saxitoxin is a gating modifier of hERG K<sup>+</sup> Channels. *Journal of General Physiology*, v.121,p. 583-598, 2003.

WHITE, F.; SCHULZ, M.S.; VIVIT, D.V. A controls on soil pore water solutes: An approach for distinguishing between biogenic and lithogenic processes. Art. Stonestrom a U.S. Geological Survey, Menlo Park, CA 94025, USA.U.S. Geological Survey, Boulder, CO 80803, 2006.

WHITTON, B.A.; POTTS, M. *The ecology of cyanobacteria: their diversity in time and space*. Dordrecht, Kluwer, 2000. 669p.

***Application of the Bank Filtration technique for diffuse population in the Semiarid region of Pernambuco State - Brazil***

**ABSTRACT**

The diffuse populations of rural areas in the Northeastern semiarid suffer from the problem of water supply and water quality. Often water is supplied directly from small pits, ponds and reservoirs for human consumption. Therefore, the consumption of water directly from the water body can cause a number of diseases, since many of these sources are polluted with chemicals from human activities, and of course, pollution due to blooms of cyanobacteria species that can release deadly toxins . The Brazilian Northeast has tens of thousands of supply reservoirs constructed of earth. The Bank Filtration (BF) experiment in the city of Garanhuns demonstrated the possibility of using water that percolates through the earth dam reservoir polluted with effluents and also by constant cyanobacterial blooms, where water that leached through the dam was filtered by the soil itself, eliminating cyanobacteria and improving some physico-chemical parameters contained in the water. The average flow rate achieved was approximately 5.70 m<sup>3</sup>/day. Considering the construction of a small water supply system to a reservoir, and a per capita demand of 50 L/person/day, it would be possible to supply a total of 20 families, requiring a simple disinfection. This would avoid using water directly from the reservoir.

**Keywords:** Diffuse population. Semiarid. Earth Dams